

全国中等职业技术学校焊接专业教材
QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO HANJIE ZHUANYE JIAOCAI



HANTIAO DIANHUHAN HANTIAO DIANHUHAN

焊条电弧焊

HANTIAO DIANHUHAN HANTIAO DIANHUHAN

全国中等职业技术学校焊接专业教材

焊条电弧焊

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊条电弧焊/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校焊接专业教材

ISBN 978-7-5045-7619-4

I. 焊… II. 人… III. 焊条-电弧焊-专业学校-教材 IV. TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 079274 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京市朝阳展望印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 308 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

定价: 24.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

中等职业技术学校焊接专业教材编审委员会

王长忠	胡煌辉	邱葭菲	艾爱国	尹子文	黄 志
兰 青	赵儒君	唐少峰	李成延	王吉林	姜 波
李文聪	王文安	石学军	云国庆	鲍勇祥	喻新民

《焊条电弧焊》编审人员

主 编	李文聪				
副主编	袁 嫔	谭文忠			
参 编	李文杰	吴 杰	李明辉	孟立娟	朱恩起
	李文章	辛力东	秦 涛	李明政	郭少强
	赵文起	王文安			
主 审	王长忠				
参 审	胡煌辉	邱葭菲	艾爱国		

简 介

《焊条电弧焊》从焊接电弧的基础讲起,按“有认知、易学会、好掌握、能操作”的原则,由浅入深、循序渐进地讲解了焊条电弧焊的工艺理论和实操技能。本书主要内容包括:焊接技术基础知识、焊条电弧焊设备、焊条的组成和分类、焊条的型号与牌号、常用焊条焊接工艺性能及选用原则、焊条的正确保管与贮存、焊条电弧焊基本工艺知识、焊接冶金基本知识、焊接接头的组织与性能、焊条电弧焊常见焊接缺陷及其防止、典型管类和管板类焊接技术、碳弧气刨。本教材相应的学时安排可参考下表。

学时分配表

教学内容	总学时	讲授学时	训练学时
绪论	2	2	0
第一章 焊条电弧焊设备	90	10	80
第二章 焊条	70	10	60
第三章 焊条电弧焊焊接基本知识	198	18	180
第四章 焊接冶金	136	12	124
第五章 焊接接头的组织与性能	82	10	72
第六章 焊条电弧焊常见焊接缺陷及防止	84	12	72
第七章 典型管类和管板类焊接举例	196	16	180
第八章 碳弧气刨	82	10	72
总 计	940	100	840

前 言

焊接技术在制造业中占有举足轻重的地位,对我国国民经济发展具有较强的推进作用。为了更好地适应我国焊接技术蓬勃发展的形势,满足各地中等职业技术学校培养焊接技能人才的需求,我们组织全国一线教师和企业专家,在广泛调研的基础上,开发了焊接专业系列教材。

本次开发的教材包括:《钳工及冷作工知识与技能》《焊条电弧焊》《埋弧焊和气体保护焊》《切割与其他焊接技术》《金属材料焊接》《焊接结构》《焊接检测》。

本次教材开发工作的重点主要有以下几个方面:

第一,突出专业特点,强调实践和理论并重。根据焊接专业实操技术复杂、理论知识含量较高的特点,我们在“实用为先、够用为度”的前提下,力求每一个必要的知识点都得到适当介绍,每一项必要的技能都得到充分练习,从而使两者内容安排达到良好的平衡。

第二,满足就业需求,以能力为本位。本套教材依据国家职业标准《焊工》以及企业的实际需要编写。整套教材的构架对应着企业的一般岗位结构,具体内容也尽可能体现生产实际过程,在较大程度上为学生营造了真实的工作情景,从而提高学生的就业能力。

第三,体现职业教育改革,适应一体化教学。本套教材在适应各地教学实际条件的基础上,采用了一体化的编排方式,力求将认知基本概念和原理、选择工艺参数、培养具体操作技能等环节融合成有机整体。

第四,展现时代特点,采用新技术和新标准。为适应焊接技术日新月异的发展趋势,本套教材安排了较多新技术和新设备方面的知识,同时,在编写过程中尽量采用了最新的焊接技术国家标准。

本套教材的开发得到了黑龙江、江苏、山东、湖南、广东、辽宁、河北、浙江、山西等省人力资源社会保障(劳动保障)厅以及各地相关院校和企业的大力支持,在此,我们表示诚挚的谢意。

由于编写人员水平有限,本套教材难免有不足之处。希望广大职业院校师生提出宝贵意见,以便我们把教材不断完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年5月

目 录

绪论	(1)
第一章 焊条电弧焊设备	(6)
第一节 焊接电弧	(6)
第二节 焊条电弧焊设备	(10)
第三节 焊条电弧焊常用工具、辅具及量具	(23)
第四节 安全技术与注意事项	(28)
实训课题 1—1 弧焊设备的正确安装及焊接参数的调节	(30)
第二章 焊条	(36)
第一节 焊条的组成和分类	(36)
第二节 焊条的型号与牌号及工艺性	(42)
第三节 常用焊条焊接工艺性能及选用原则	(52)
第四节 焊条的正确保管与储存	(54)
实训课题 2—1 焊条的优劣鉴别及正确使用	(55)
第三章 焊条电弧焊焊接基本知识	(58)
第一节 焊接接头	(58)
第二节 焊接工艺参数选择	(64)
第三节 焊条电弧焊的基本操作方法	(72)
第四节 板类试件不同焊接位置的操作方法	(77)
第五节 安全技术与注意事项	(89)
实训课题 3—1 焊条电弧焊基本操作技术	(91)
实训课题 3—2 简单焊接件图识	(95)
实训课题 3—3 平焊的焊接训练	(97)
第四章 焊接冶金	(104)
第一节 焊接热源及特征	(104)
第二节 焊缝金属的构成	(106)
第三节 焊接冶金过程的特点	(112)
实训课题 4—1 立焊的焊接训练	(118)

实训课题 4—2 不开坡口的立板对接焊	(120)
拓展实训 4—1 开 V 形坡口立板对接焊	(123)
拓展实训 4—2 开 V 形坡口立对接双面焊	(124)
第五章 焊接接头的组织与性能	(128)
第一节 熔池金属的结晶与偏析	(128)
第二节 焊接熔合区	(133)
第三节 焊接热影响区	(135)
实训课题 5—1 横焊的焊接训练(不开坡口横对接焊)	(138)
第六章 焊条电弧焊常见焊接缺陷及防止	(143)
第一节 金属焊接缺陷及分类	(143)
第二节 常见的焊接缺陷及防止	(144)
实训课题 6—1 仰焊的焊接训练	(171)
第七章 典型管类和管板类焊接举例	(176)
第一节 管类试件焊接	(176)
第二节 管板类试件焊接	(183)
第三节 安全技术与注意事项	(192)
实训课题 7—1 管类的垂直固定焊	(194)
实训课题 7—2 管板水平固定全位置焊	(198)
第八章 碳弧气刨	(202)
第一节 碳弧气刨概述	(202)
第二节 碳弧气刨设备与工具	(203)
第三节 碳弧气刨工艺	(205)
实训课题 8—1 碳弧气刨的手工操作技术	(211)

绪 论

焊接是一种重要的金属加工工艺,是构件的一种连接方法,随着科学技术的不断发展,它已发展成为一门独立的学科,并广泛应用于航空、航天、造船、化工、建筑、电力、海洋工程、电子技术、交通运输、机械制造等工业部门,可以预见,在未来的科学发展中,焊接技术将占有重要的地位。

一、焊接技术发展的物理本质及其特点

1. 焊接技术发展概况

近代的焊接技术,是从1885年出现碳弧焊开始,直到20世纪40年代才形成较完整的焊接工艺体系。特别是20世纪40年代初期出现了优质电焊条后,焊接技术有了一次飞跃的发展。现在世界上已有50余种焊接工艺方法应用于生产中,随着科学技术的不断发展,特别是近年来计算机技术的应用与推广,使焊接技术特别是焊接的数字化和自动化技术达到了一个崭新的阶段。

我国焊接行业发展迅速,于1962年成立中国焊接学会(CWS),于1963年开始参加国际焊接学会(IIW)的活动始,于1964年成为IIW正式成员国会员,是新中国成立后,最早参加国际学术团体的学会之一。为我国的产品走向世界奠定了基础。近年来,我国焊接技术水平不断提高,成功地完成了不少高难度产品的焊接,如12 000 t 水压机、直径15.7 m 的大型球形容器、2.5~3.5 马赫超音速歼击机,120 万千瓦的原子能发电设备,万吨级远洋考察船“远望号”,世界第一的三峡水轮机转轮(直径10.7 m、高5.4 m、总质量440 t、耗用焊丝12 t,见图0—1)以及核反应堆、人造卫星、神舟系列太空飞船(见图0—2)等尖端产品。许多新工艺,如多丝埋弧焊、窄间隙气体保护全位置焊、水下二氧化碳半自动焊、

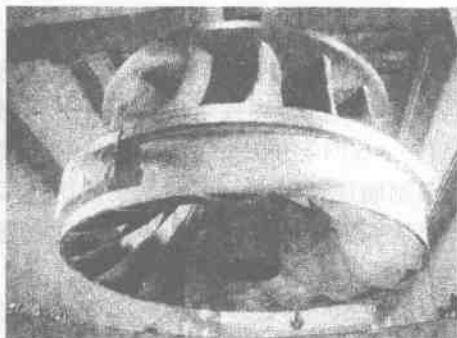


图0—1 三峡水轮机转轮



图0—2 神州太空飞船

全位置脉冲等离子弧焊、异种金属的摩擦焊和数控切割设备及焊接机器人等，都已得到较广泛的应用。

2. 焊接的物理本质

焊接是将两种或两种以上的材料（同种或异种）通过加压、加热，或两者并用的方法，使原子或分子之间结合和扩散形成金属键达到永久性联结的工艺过程。

众所周知，固态金属就是由公有的自由电子与正离子之间的静电引力结合起来的，这种结合方式称为金属键。当两个原子逐渐接近，将同时有引力与斥力的作用，对于大多数金属原子间的距离达到 $r_A = (3 \sim 5) \times 10^{-10} \text{m}$ （即 $3 \sim 5 \text{\AA}$ ）时，其合力作用表现为引力达到最大值，从而发生扩散、再结晶等物理化学过程，原子自动靠近并到达合力为零的平衡位置，从而形成金属键，完成焊接过程。

3. 焊接的特点

目前，在许多工业部门的金属结构制造中，焊接几乎全部取代了铆接；不少过去一直用铸造、锻造方法生产的大型毛坯也改成了焊接结构，大大简化了生产工艺，降低了生产成本。世界各主要工业国年平均生产的焊接结构用钢已占钢产量的 45% 左右。焊接之所以能如此迅速地发展，是因为它本身具有一系列优点：

（1）与铆接相比，首先可以节省大量金属材料，减小结构的质量。例如，起重机采用焊接结构，其质量可以减小 15% ~ 20%，建筑钢结构可以减小 10% ~ 20%，如图 0—3 所示。其次焊接结构生产不需要钻孔，划线的工作量较少，因此提高劳动生产率。焊接结构还具有比铆接结构更好的密封性，这是压力容器特别是高温、高压容器不可缺少的性能。焊接生产与铆接生产相比还具有劳动强度低等优点。

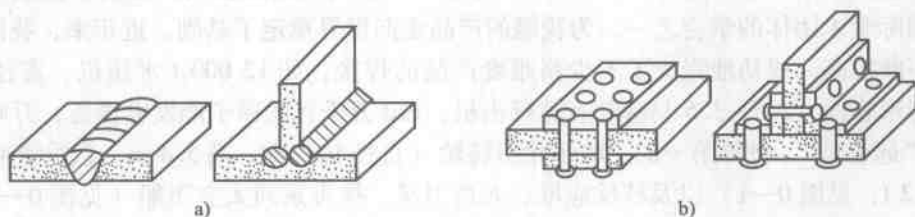


图 0—3 焊接与铆接比较

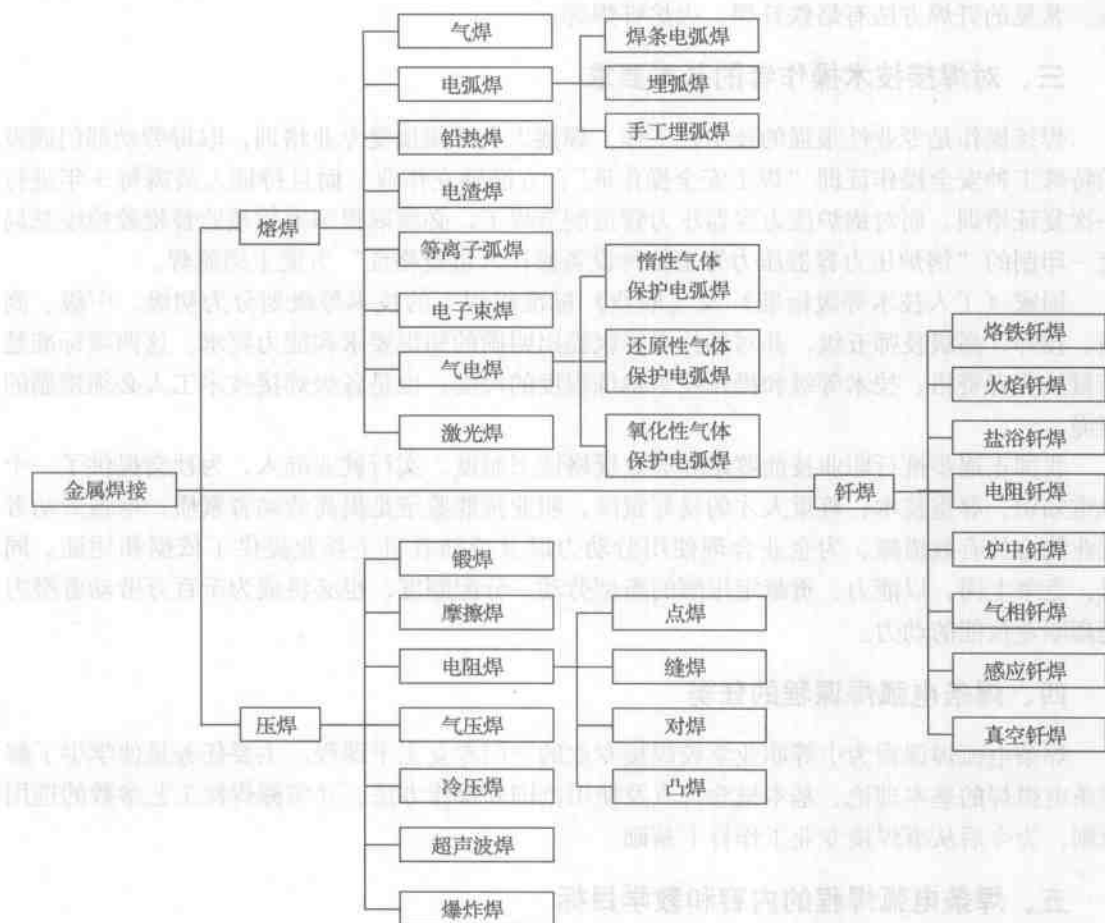
a) 焊接结构 b) 铆接结构

（2）与铸造相比，首先，它不需要制作木模和砂型，也不需要专门熔炼、浇铸，工序简单，生产周期短，对于单件和小批生产特别明显。其次，焊接结构比铸件节省材料。通常其质量比铸钢件少 20% ~ 30%，比铸铁件少 50% ~ 60%。这是因为焊接结构的截面可以按需要来选取，不必像铸件那样因受工艺条件的限制而加大尺寸，且不需要采用过多的肋板和过大的圆角。最后，采用轧制材料的焊接结构材质一般比铸件好。即使不用轧制材料，用小铸件拼焊成大件，小铸件的质量也比大铸件容易保证。

焊接也有一些缺点：如焊接易产生应力与变形，焊接变形会影响结构形状和尺寸精度及使用性能。焊缝中还会存在一定数量的缺陷，焊接中还会产生有毒有害的烟尘和气体等。这些都是焊接过程中需要注意的问题。

二、焊接方法族系分类

按照焊接过程中金属所处的状态不同，可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三类。焊接方法按族系简单分类如下：



1. 熔焊

将待焊处的母材金属（或焊材）熔化，接头处不加压力以形成焊缝的焊接方法。当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时，原子之间可以充分地扩散和紧密接触，因此冷却凝固后，可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等都属于熔焊。

2. 压焊

在焊接过程中，必须对焊件施加压力（加热或不加热），以完成焊接的方法。这类焊接有两种形式：一是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态，然后施加一定的压力，形成牢固的焊接接头，如锻焊、电阻焊、摩擦焊和气压焊等；二是不进行加热，仅在被焊金属的接触面上施加足够大的压力，借助于压力所引起的塑性变形使原子间相互接近形成

金属键,完成焊接过程,如扩散焊、冷压焊、爆炸焊等。

3. 钎焊

采用比母材熔点低的金属材料作钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点、低于母材熔点的温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙,并与母材相互扩散实现连接焊件的方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊等。

三、对焊接技术操作者的基本要求

焊接操作是专业性很强的技术性工作,焊接人员必须接受专业培训,取得劳动部门颁发的特殊工种安全操作证即“焊工安全操作证”,方准独立作业。而且持证人员需每3年进行一次复证培训。而对锅炉压力容器压力管道制造焊工,必须取得国家质量监督检验检疫总局统一印制的“锅炉压力容器压力管道特种设备操作人员资格证”方能上岗施焊。

国家《工人技术等级标准》及《职业》标准将焊工的技术等级划分为初级、中级、高级、技师、高级技师五级,并对各技术等级提出明确的知识要求和能力要求。这两项标准是衡量从业者资格、技术等级和操作技术熟练程度的尺度,也是各级焊接技术工人必须遵循的准绳。

我国正逐步推行职业技能鉴定和职业资格证书制度。实行就业准入,为社会提供了一个尊重知识、尊重技术、尊重人才的良好氛围,职业技能鉴定是提高劳动者素质,增强劳动者就业能力的有效措施,为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。同时,竞争上岗,以能力、贡献定报酬的新型劳动、分配制度,也必将成为千百万劳动者努力提高职业技能的动力。

四、焊条电弧焊课程的任务

焊条电弧焊课程为中等职业学校焊接专业的一门专业主干课程。主要任务是使学生了解焊条电弧焊的基本理论、基本概念特点及使用范围和操作方法,并掌握焊接工艺参数的选用原则,为今后从事焊接专业工作打下基础。

五、焊条电弧焊程的内容和教学目标

本课程以焊条电弧焊生产中的设备、焊接材料、工艺方法、操作技术为研究内容。

通过理论学习与实践能力训练相结合,能达到中级电焊工的相关技术等级标准。

1. 知识教学目标

- (1) 了解焊条电弧焊的特点及应用范围,理解焊条电弧焊的操作要领。
- (2) 掌握焊条电弧焊焊接设备的使用方法及焊接工艺参数的选用和使用原则。
- (3) 了解电弧焊焊条的分类及常用焊条的焊接性能。
- (4) 了解焊条电弧焊焊接设备的维护和保养知识及安全用电常识。

2. 能力培养目标

- (1) 能正确地使用焊条电弧焊设备和相关的工具和量具。
- (2) 掌握常用电弧焊电源的启闭,调节焊接电流和电源极性的方法。

- (3) 掌握焊条电弧焊平焊、立焊、横焊和仰脸焊及管类件的焊接操作技术。
- (4) 能识别焊条牌号, 熟悉酸性焊条、碱性焊条的焊接性能, 能正确选用焊接工艺参数。
- (5) 了解焊接工艺评定的基础知识。

六、本课程的学习方法

本教材是一本理论与实际相结合的焊条电弧焊指导书, 学习中应掌握以下方法:

1. 注意知识的实际应用, 特别要注意使用本教材时, 应掌握相关课程的基本知识。
2. 正确处理理论与实践的关系, 自觉用焊接理论指导焊接生产实践, 用焊接实训检验焊接理论, 丰富焊接实践经验, 为进一步学习理论, 提高技能建立基础。
3. 积极参加生产实践, 并按照中华人民共和国电焊工《工人技术等级标准》(中级)、《职业技能鉴定规范》严格要求, 做到仔细观察, 积极思考, 勇于实践动手, 勤学苦练, 练好基本功和基本技能, 争做专业思想牢固、作风扎实, 技术过硬、技艺精湛的能工巧匠。
4. 在实训过程中, 要贯彻“安全第一、预防为主”的指导思想, 按照安全技术操作规程科学、文明生产, 成为有知识、高素质的新一代技术工人。

思 考 题

1. 什么是焊接? 按照焊接过程中金属所处的状态不同焊接是如何分类的?
2. 什么是金属键? 在何种情况下才能形成金属键?
3. 焊接与铆接和铸造相比有哪些优点?
4. 国家《工人技术等级标准》及《职业》标准将焊工的技术分几个等级? 都是什么?
5. 焊条电弧焊程的内容和教学目标是什么?

第一章

焊条电弧焊设备

【理论内容】本章重点学习焊接电弧、焊条电弧焊设备、焊条电弧焊常用工具量具及辅具和安全注意事项，了解正确使用焊接设备的方法。

【技能目标】掌握弧焊设备的正确安装和弧焊设备焊接参数的调节。

第一节 焊 接 电 弧

一、焊接电弧的物理基础

电弧是一种加有一定电压的两电极间的气体放电现象。当气体被加热到一定温度时，产生大量带电荷的离子和电子，这样便能传导电流，即把电能转化为热能和光能。所有的电弧焊都是利用这一能量熔化金属来实现焊接的。

焊接电弧就是在加有一定电压的两电极间或电极与焊件间的气体介质中，产生的强而有力的放电现象。

为了便于焊条电弧焊的引弧，要求焊接电源的空载电压稍高一些，同时也要求在焊条药皮中加入易电离物质，如钾、钠、钙及钛等金属。

二、焊接电弧的构成温度分布及极性选择

焊接电弧是由阴极区、弧柱区和阳极区三部分组成，如图 1—1—1 所示。阴极区是电弧的重要部分，电子就是从阴极发射的，阴极发射如电子要消耗掉部分能量，所以阴极温度较低，占电弧总热量的 36% 左右。弧柱区主要是阳离子和自由电子的混合物，同时也有阴离子和中性微粒，由于弧柱区是电子和离子移动最频繁的地方，所以温度最高。但大部分热量被辐射掉且这一区的液态金属停留时间短，所以该区热量占电弧总热量的 21% 左右。因此，焊接时应尽量压低电弧，使能量得到充分利用。阳极区表面受高速电子的撞击，传给大量的热能，所以该区热量占电弧总热量的 43% 左右。故阳极区的表面温度高于阴极区。

焊条电弧焊在使用直流弧焊电源时，焊件接电源正极叫做正接法（简称正接），焊件接

电源负极叫做反接法（简称反接）。由于阴极区和阳极区的温度不一样，可根据焊件的厚度、材质和焊条的性能来选择正接和反接，并调节熔深。一般情况下，较厚工件、合金材质或低氢型焊条要求直流反接。如果采用交流弧焊电源施焊，阴、阳两极是交替变换的，所以两极区的温度几乎是相同的。也不存在正反接。

三、焊接电弧的静特性

电弧静特性是在电极材料、气体稳定和弧长一定情况下，电弧稳定燃烧时，两极间焊接电流与电弧电压变化的关系。一般也称伏—安特性。

焊接电弧是通过两极间的气体电离来导电的，电弧同样也是负载电阻，同样，在电流与电压的坐标系中，用曲线来表示，如图 1—1—2 所示。焊条电弧焊一般选用静特性曲线的 bc 段，熔化极气体保护一般选用 cd 段。静特性曲线是随着电弧长度的变化而变化的，当电弧拉长时，静特性曲线上移，电弧电压升高；当电弧变短时，静特性曲线下移，电弧电压降低，如图 1—1—3 所示。

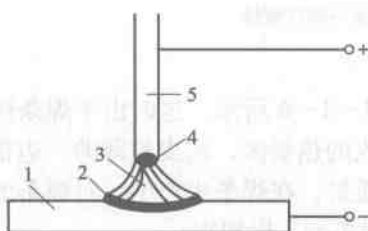


图 1—1—1 焊条电弧的构成

1—焊件 2—阴极区 3—弧柱区 4—阳极区 5—焊条

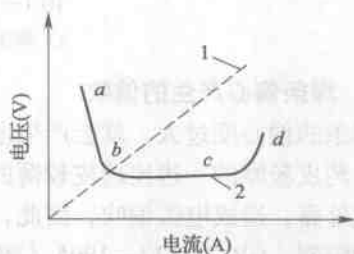


图 1—1—2 电弧静特性曲线

1—普通静特性曲线 2—电弧静特性曲线

焊条电弧焊时，为了满足电弧静特性的要求，达到焊接电弧由引弧到稳定燃烧的目的，必须使用具有下降外特性的弧焊电源（详见本章第二节）。这是由于在焊接过程中焊工的手法不稳定或焊件组装得不平齐等原因，引起电弧长度发生变化，如图 1—1—4 所示，当电弧长度为 I_1 时，其燃点为 A ，当电弧长度增加到 I_2 时，则燃点移到 B 点， $I_2 > I_1$ ，电弧电压升高，但焊接电流的变化 ΔI 很小，所以电弧焰烧趋于稳定可实现正常焊接。



图 1—1—3 电弧静特性曲线随长度的变化

1—电弧较长时 2—电弧较短时

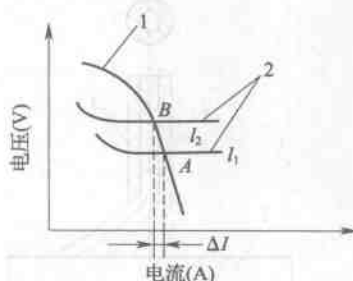


图 1—1—4 焊接电源外特性与电弧静特性的关系

1—电源外特性曲线 2—电弧静特性曲线

四、焊接电弧的偏吹及防止方法

焊条电弧焊在正常情况下，电弧轴线和焊条轴线重合。当焊条倾斜时，电弧轴线也会随着焊条的轴线倾斜，如图 1—1—5 所示。但在焊接过程中，因气流的干扰、磁场的作用或焊条偏心的影响，电弧中心偏离电极轴线的现象叫做电弧偏吹。

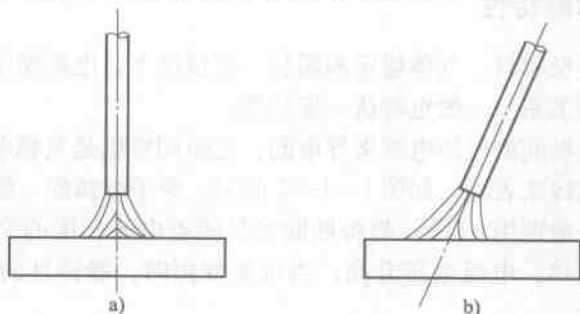


图 1—1—5 正常情况下的焊接电弧

a) 焊条与焊件垂直 b) 焊条与焊件倾斜

1. 焊条偏心产生的偏吹

焊条的偏心度过大，就会产生电弧偏吹，如图 1—1—6 所示。这时由于焊条药皮厚薄不均匀，药皮较厚的一边比药皮较薄的一边熔化时吸收的热量多，药皮较薄的一边很快熔化而使电弧外露，造成电弧偏吹，因此，为了保证焊条质量，在焊条生产中，对焊条的偏心度有一定的限制，GB/T 5117—1995《碳钢焊条》一般焊条偏心度规定：

(1) 直径不大于 2.5 mm 焊条，偏心度不应大于 7%。

(2) 直径 3.2 mm 和 4.0 mm 焊条，偏心度不应大于 5%。

(3) 直径不小于 5.0 mm 焊条，偏心度不应大于 4%。

符合这项标准的焊条，焊接时一般不会造成明显偏吹。焊条的偏心度如图 1—1—7 所示，计算方法如下：

$$\text{焊条偏心度} e = \frac{T_1 - T_2}{(T_1 + T_2) / 2} \times 100\%$$

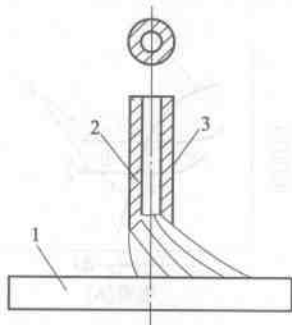


图 1—1—6 焊条偏心引起的电弧偏吹

1—焊件 2—药皮 3—焊芯

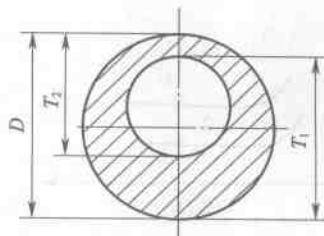


图 1—1—7 焊条偏心度

式中 T_1 ——焊条断面药皮层最大厚度 + 焊芯直径

T_2 ——焊条断面药皮层最小厚度 + 焊芯直径

防止方法：焊接时发现焊条偏心引起电弧偏吹应立即熄弧，若偏心小时，可转动焊条将偏心位置移到焊接前进方向，调整焊条角度后再施焊；若偏心过大时，就必须更换焊条。选焊条偏心度不超过上述规定的标准。

2. 电弧周围气流干扰产生的偏吹

电弧周围气体流动过强也会把电弧吹向一侧产生偏吹。造成电弧周围气体流动过强的因素很多，主要是大气中的气流和热对流作用。如在露天大风中操作或狭窄焊缝处焊接时，电弧偏吹就很严重；在管线焊接时，由于空气在管子中的流速较大，形成“穿堂风”，使电弧偏吹；如果对接接头的间隙较大，在热对流的影响下也会产生偏吹。

防止方法：焊接过程中若遇到气流引起的电弧偏吹，要停止焊接，查明原因，采用遮挡等方法来解决。

3. 焊接电弧的磁偏吹

直流电弧焊时，因受到焊接回路中电磁力的作用而产生的电弧偏吹现象，称为焊接电弧的磁偏吹。

(1) 接地线位置引起的磁偏吹

焊接时，不仅电流通过焊条与电弧时在空间产生磁场，而且通过焊件的电流也会在空间产生磁场。如图 1—1—8 所示，当焊条与焊件垂直时，电弧左侧的磁力线密度较大，而电弧右侧的磁力线稀疏，根据左手定则，磁力线的不均匀分布使密度大的一侧对电弧产生推力，使电弧偏离轴线。

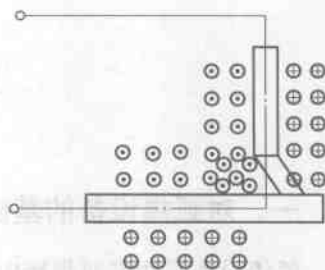


图 1—1—8 导线接地线位置引起的磁偏吹

(2) 不对称铁磁物质引起的磁偏吹

焊接时，在电弧一侧放置一块钢板（导磁体）时，电弧将离开焊条轴线偏向钢板一侧，如图 1—1—9 所示。这是由于铁磁物质（钢板、铁块等）的导磁能力远远大于空气，当焊接电弧周围有铁磁物质存在时，铁磁物质侧的磁力线大部分都通过铁磁物质形成封闭曲线，致使电弧同铁磁物质之间的磁力线密度降低，所以在电磁力作用下电弧向铁磁物质一侧偏吹。

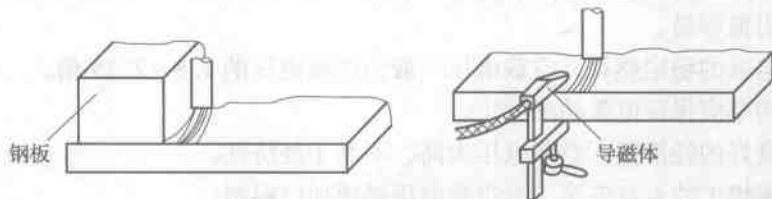


图 1—1—9 不对称铁磁物质引起的磁偏吹

(3) 电弧运动至钢板一端的磁偏吹

当焊接电弧移动至钢板的端部时也容易发生电弧向钢板中心偏吹的现象，如图 1—1—10 所示。这是因为电弧到达钢板端头时，导磁面积发生变化，使空间磁力线在靠近焊件边缘的地方密度增加，所以在电磁力作用下，产生了指向焊件内侧的磁偏吹。